

V-56

X線造影性能を有する含浸性補修剤の開発研究

東北学院大学 学 生 員 ○皆川和樹

東北学院大学 正 会 員 武田三弘

東北学院大学 フェロー会員 大塚浩司

東北学院大学 学 生 員 鈴木裕子

1. はじめに

一般に、既設コンクリート構造物のひび割れ検査においては、表面のひび割れ幅の調査を行い、補修が必要であると判断された場合には、ひび割れ補修工事が行われる。しかしながら、ひび割れ補修工事が行われても、補修自体が確実に行えたかどうかの確認方法が無いのが現状である。これまで本研究室では、エポキシ樹脂系補修剤に金属微粉末を混入し、造影効果と補修効果を合わせ持つ補修材（以下、造影補修剤とする）を開発し、X線撮影によってひび割れ補修後の注入・充填状況の確認を行うための方法の開発を行ってきた。しかし、これまでの実験では、開口幅 0.4mm 以下のひび割れには注入が難しく、造影効果が低い結果であった。そこで、本研究では、注入・充填性能および造影性能を高めるために、補修材にアクリル含浸性のものを使用し、4つの比較実験により造影効果および補修効果に優れた新しい造影補修剤の開発を目的としている。また、開発した造影補修剤を用いて、実構造物を想定したコンクリート供試体に発生させたひび割れに注入し、X線造影撮影によりコンクリート内部ひび割れの補修性能と造影性能の確認を行った。さらに、注入した造影補修剤が硬化した後に、供試体の曲げ載荷を行い、開発した造影補修剤の補修性能の確認を行った。

2. 実験方法

本研究では、造影補修材の開発のため、金属微粉末（タングステン系、混入率 0～50%）とアクリル含浸性補修剤を混合した造影補修剤に対して以下の4つの性能確認を行った。引張強度は、JIS K 6911 より求めた。接着性能の確認は、モルタル試験体（40×40×150mm）をミハエリス試験機により、3点曲げ破壊（1次載荷）を行い、モルタル自身の曲げ強度を測定した後、破壊面に造影補修剤を塗付し、再び接着硬化後再度3点曲げ破壊（2次載荷）させ、1次載荷と2次載荷による曲げ強度の増減から求めた。造影性能の確認は、造影補修剤を流し込んだφ6mmのビニールパイプ供試体を、厚さを変えたコンクリート板の上に設置し、X線撮影により供試体の検出状況から行った。分離抵抗性能の確認は、プラスチックケース（φ30×50mm）に流しこんだ造影補修剤の観察により行った。以上の試験を総合的に評価した。次に、実構造物を想定した鉄筋コンクリート供試体（300×195×1300mm、D19 上下段各3本配置）を作製し、3点曲げ載荷により開口幅 0.3 mm と 0.8 mm の非貫通ひび割れを発生させた。ひび割れには開発した造影補修剤を注入し注入性能の確認を行った。そして造影補修剤を注入したひび割れに対して、X線撮影を行い、補修されたひび割れの確認を行った。また、得られたX線フィルムからひび割れの先端位置を求めた。さらに、造影補修剤硬化後、再び3点曲げ載荷を行い接着状況の確認を行った。

1次載荷と2次載荷による曲げ強度の増減から求めた。造影性能の確認は、造影補修剤を流し込んだφ6mmのビニールパイプ供試体を、厚さを変えたコンクリート板の上に設置し、X線撮影により供試体の検出状況から行った。分離抵抗性能の確認は、プラスチックケース（φ30×50mm）に流しこんだ造影補修剤の観察により行った。以上の試験を総合的に評価した。次に、実構造物を想定した鉄筋コンクリート供試体（300×195×1300mm、D19 上下段各3本配置）を作製し、3点曲げ載荷により開口幅 0.3 mm と 0.8 mm の非貫通ひび割れを発生させた。ひび割れには開発した造影補修剤を注入し注入性能の確認を行った。そして造影補修剤を注入したひび割れに対して、X線撮影を行い、補修されたひび割れの確認を行った。また、得られたX線フィルムからひび割れの先端位置を求めた。さらに、造影補修剤硬化後、再び3点曲げ載荷を行い接着状況の確認を行った。

3. 実験結果

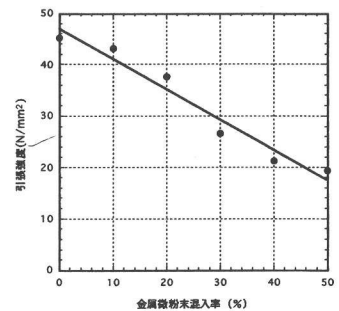


図-1 引張強度試験結果

表-1 曲げ強度試験結果

(N/mm²) %	モルタル供試体 自身の曲げ強度 (一次載荷)	造影補修材による 接着後の曲げ強度 (二次載荷)
0	6.9	9.3
30	6.3	7.6
40	5.9	8.3
50	5.7	8.0

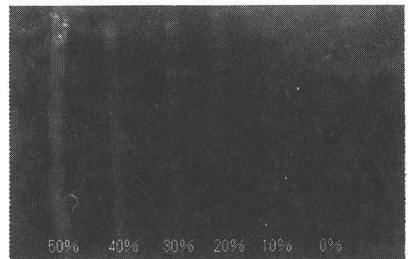


写真-1 X線フィルム(ビニールパイプ)

図-1は、造影補修材の引張強度と金属微粉末混入率の関係を示したものである。金属微粉末の混入率が高くなると、引張強度は小さくなる傾向がみられるが、いずれの混入率においても、一般的なコンクリートの引張強度以上であった。

表-1は、接着性能を調べるために行った曲げ強度試験結果一覧である。いずれの金属微粉末混入率においても一次載荷よりも二次載荷時の曲げ強度が大きくなる傾向がみられた。

写真-1は、造影性能を調べるために、造影補修材を充填させたφ6mmのビニールパイプをコンクリート板(160mm)の上にのせ、X線撮影によって得られたX線フィルムである。金属微粉末の混入率が高くなると、造影性能が高くなる傾向がみられた。

写真-2は、補修材に金属微粉末を混入した際の分離状況を調べるため、各混入率ごとにプラスチックケースに流し込み、硬化するまで放置したものを示したものである。いずれの混入率においても、材料分離の傾向は見られなかった。

上記の結果から、造影補修材として金属微粉末混入率50%を使用することに決めた。続いて、この造影補修剤を、実構造物を想定した供試体に発生した0.3および0.8mmのひび割れに注入した結果、いずれのひび割れにも造影補修剤を注入することができた。

写真-3は、造影補修剤注入前と後においてX線撮影により得られたX線フィルムである。ひび割れ全体に造影補修剤が充填しているのが確認できる。さらに、移動しながら同じひび割れを複数回撮影することによって得られたX線フィルム中のひび割れの解析結果から、ひび割れ先端位置を求めた結果を、図-2に示す。図中には、実験終了後、供試体を破壊して求めたひび割れ先端位置の実測値も示してある。X線フィルムの計算から求めたひび割れ先端位置と実測値との差は、1.7mm~11.8mmの範囲で平均7.0mmであった。実験終了後、各供試体内部のひび割れ先端位置をマイクロスロープを用いて測定したところ、ひび割れの幅が約0.05mmまでなら造影補修材は、充填していることが分かった。

図-3は、注入した造影補修剤が硬化後、再び3点曲げ載荷試験(二次載荷)により発生したひび割れ状況を示したものである。二次載荷によって発生したひび割れは、造影補修剤を注入したところからは発生せず、十分な接着効果があることが確認できた。

4. まとめ

本研究では造影補修剤を開発し、造影性能及び補修性能について実験の範囲内で以下の事が言える。

- (1) 造影性能と補修性能とが共に高性能となる造影補修剤を開発する事ができた。
- (2) 実構造物を想定した供試体を用いて造影補修剤の造影性能・補修性能の確認実験を行った結果、いずれの性能も造影補修剤としての条件を満たすことが分かった。
- (3) 造影補修剤を充填したひび割れの先端位置を測定したところ、実測値と計測値との誤差は平均7.0mmであった。また、約0.05mm幅のひび割れまで造影補修剤が充填できることが確認できた。

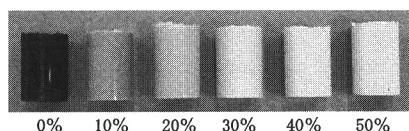


写真-2 材料分離状況

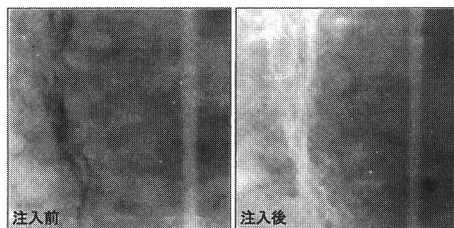


写真-3 X線フィルム(実構造物を想定した供試体)

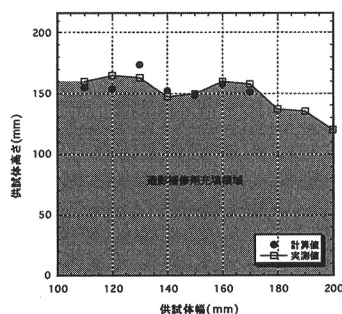


図-2 ひび割れ先端位置測定結果



図-3 ひび割れ発生状況(二次載荷後)